



12) Offenlegungsschrift
11) DE 3424068 A1

51) Int. Cl. 3:
G 02 B 1/00
G 02 B 3/00
G 02 B 5/10

30) Unionspriorität: 32) 33) 31)

17.10.83 JP P193868-83 21.11.83 JP P219113-83
25.11.83 JP P222607-83 25.11.83 JP P222608-83
25.11.83 JP P222610-83 02.12.83 JP P228693-83
02.12.83 JP P228695-83 26.01.84 JP P12489-84

71) Anmelder:

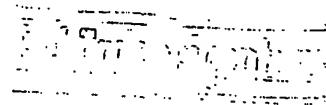
Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

74) Vertreter:

Blumbach, P., Dipl.-Ing.; Zwirner, G., Dipl.-Ing.
Dipl.-Wirtsch.-Ing.; 6200 Wiesbaden; Weser, W.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Kramer, R., Dipl.-Ing.;
Hoffmann, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

72) Erfinder:

Imataki, Hiroyuki, Kawasaki, Kanagawa, JP;
Serizawa, Takashi; Usui, Masayuki; Baba, Takeshi,
Yokohama, Kanagawa, JP; Nose, Hiroyasu,
Tokio/Tokyo, JP



54) Optisches Bauelement

Es wird ein optisches Bauelement mit einer variablen optischen Fläche bereitgestellt. Hierbei stehen ein elastischer Körper und ein mit einer Öffnung versehenes vergleichsweise starres Bauteil in Kontakt miteinander, um innerhalb der Öffnung einen Teil der Oberfläche des elastischen Körpers freizulegen. Der freiliegende Oberflächenteil kann dann in seiner Form durch eine entsprechende Deformierung des elastischen Körpers geändert werden, um so zu einer Brennweitenänderung zu gelangen.

IN MÜNCHEN

R. KRAMER DIPL-ING. PATENTANWALT
W. WESER DIPL-PHYS. DR. RER. NAT. PATENTANWALT
E. HOFFMANN DIPL-ING. PATENTANWALT

IN WIESBADEN

P. G. BLUMBACH DIPL-ING. PATENTANWALT
P. BERGEN PROFESSOR DR. JUR. DIPL-ING.
G. ZWIRNER DIPL-ING. DPL-W-ING. PATENTANWALT

Canon Kabushiki Kaisha

Tokyo, Japan

CFE 92-DE

Patentansprüche

1. Optisches Bauelement,

dadurch gekennzeichnet, daß

- ein elastischer Körper und ein mit einer Öffnung versehenes vergleichsweise starres Bauteil in Kontakt miteinander stehen, um einen Teil der Oberfläche des elastischen Körpers freizulegen, und
- der freiliegende Oberflächenteil in seiner Form durch eine Deformation des elastischen Körpers änderbar ist, um eine variable optische Fläche zu bilden.

2. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- das mit der Öffnung versehene Bauteil bewegbar ist.

3. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- ein bewegbares Bauteil auf einer Seite des elastischen Körpers angeordnet ist, die dem mit der Öffnung versehenen Bauteil gegenüberliegt, so daß der elastische Körper von den beiden Bauteilen flankiert ist.

4. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- ein bewegliches Bauteil in Kontakt mit einer Fläche des elastischen Körpers angeordnet ist, die im wesentlichen senkrecht zu der den freiliegenden Oberflächen- teil enthaltenden Fläche des elastischen Körpers steht.

5. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- die Öffnung des Bauteils während einer Deformation des elastischen Körpers ihre Form beibehält.

6. Bauelement nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, daß

- das bewegliche Bauteil ein piezoelektrisches Element ist.

7. Bauelement nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, daß

- das piezoelektrische Element zylindrische Form besitzt.

8. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- auf der dem mit der Öffnung versehenen Bauteil gegenüberliegenden Seite des elastischen Körpers ein weiteres, mit einer Öffnung versehenes Bauteil vorgesehen ist, das eine weitere optische Fläche an dem elastischen Körper auszubilden vermag, so daß der elastische Körper zwischen den beiden mit Öffnungen versehenen Bauteilen gelegen ist.

9. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- der elastische Körper einen Elastizitätsmodul von 10^3 N/cm² (10^8 dyn/cm²) oder weniger besitzt.

10. Bauelement nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, daß

- der elastische Körper einen Elastizitätsmodul von 10 N/cm² oder weniger besitzt.

11. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- ein mit einer konkaven oder konvexen Fläche versehenes Bauteil mit dem elastischen Körper auf dessen dem mit der Öffnung versehenen Bauteil gegenüberliegenden Seite in Kontakt steht, so daß der elastische Körper zwischen den beiden Bauteilen gelegen ist.

12. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- die Öffnung des Bauteils in ihrer Ausdehnung und/oder Form änderbar ist.

13. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- die ganze Oberfläche oder ein Teil hiervon, außer der die optische Fläche bildenden Oberfläche gehärtet ist.

14. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- der elastische Körper im wesentlichen transparent ist.

15. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- die Öffnung Kreisform besitzt.

16. Bauelement nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

- die Öffnung Rechteckform besitzt.

17. Bauelement nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, daß

- das mit der Öffnung versehene Bauteil aus einem ferromagnetischen Material aufgebaut ist und durch einen Elektromagneten bewegt wird.

18. Bauelement nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, daß

- das bewegliche Bauteil aus einem ferromagnetischen Material aufgebaut ist und durch einen Elektromagneten bewegt wird.

19. Optisches Bauelement,

dadurch gekennzeichnet, daß

- ein elastischer Körper, der eine reflektierende Oberfläche besitzt, und ein mit einer Öffnung versehenes vergleichsweise starres Bauteil in Kontakt miteinander stehen, um einen Teil der reflektierenden Oberfläche des elastischen Körpers freizulegen, und
- der freiliegende Teil der reflektierenden Oberfläche in seiner Form durch eine Deformation des elastischen Körpers änderbar ist, um eine variable optische Fläche zu bilden.

20. Optisches Bauelement,

gekennzeichnet durch

- mehrere elastische Körper in Schichtform,
- ein Abstandsglied zwischen zwei benachbarten elastischen Körperschichten und
- ein Paar vergleichsweise starrer Bauteile, die je mit einer Öffnung versehen sind und die elastischen Körper zwischen sich einschließen, um Teile der elastischen Körper durch die Öffnungen freizulegen,
- wobei die Oberflächen der freiliegenden Teile der elastischen Körper unabhängig voneinander änderbar sind, um jeweils variable optische Flächen durch eine Deformation der durch das Abstandsglied getrennten elastischen Körper zu bilden.

21. Optisches Bauelement,

dadurch gekennzeichnet, daß

- ein elastischer Körper und ein mit einer Öffnung versehenes vergleichsweise starres Bauteil in Kontakt miteinander stehen, um einen Teil der Oberfläche des elastischen Körpers freizulegen,
- ein Medium mit einer reflektierenden Oberfläche in Kontakt steht mit dem freiliegenden Oberflächenteil des elastischen Körpers,
- der freiliegende Oberflächenteil in seiner Form durch eine Deformation des elastischen Körpers änderbar ist und

- die reflektierende Fläche des Mediums in ihrer Form entsprechend der Deformation der optischen Fläche änderbar ist.

22. Verfahren zum Ändern der Brennweite

dadurch gekennzeichnet, daß

- ein elastischer Körper und ein mit einer Öffnung versehenes vergleichsweise starres Bauteil in Kontakt miteinander gebracht werden, um einen Teil der Oberfläche des elastischen Körpers freizulegen, so daß der freiliegende Teil eine optische Fläche bildet, und
- Deformieren des elastischen Körpers, um die Form der optischen Fläche zu ändern.

23. Verfahren nach Anspruch 22,

dadurch gekennzeichnet, daß

- der elastische Körper durch Bewegen des vergleichsweise starren Gliedes gegen den elastischen Körper deformiert wird.

24. Verfahren nach Anspruch 22,

dadurch gekennzeichnet, daß

- der elastische Körper durch ein bewegbares Bauteil deformiert wird, das auf der dem mit der Öffnung versehenen Bauteil gegenüberliegenden Seite des elastischen Körpers angeordnet wird.

25. Verfahren nach Anspruch 22,

dadurch gekennzeichnet, daß

- der elastische Körper durch Bewegen eines beweglichen Bauteils deformiert wird, das auf einer im wesentlichen senkrecht zu der optischen Fläche verlaufenden Fläche des elastischen Körpers angeordnet wird.

26. Optisches Bauelement,

dadurch gekennzeichnet, daß

- ein elastischer Körper und ein mit einer Öffnung versehenes vergleichsweise starres Bauteil in Kontakt miteinander stehen, um einen Teil der Oberfläche des elastischen Körpers durch die Öffnung freizulegen, und
- eine Einrichtung zum konstanten Ausüben einer Kraft auf den elastischen Körper und zum Aufrechterhalten einer konstanten Form des freiliegenden Oberflächenteils des elastischen Körpers, wie diese durch die Deformation des elastischen Körpers gebildet wird, vorgesehen ist.

Beschreibung**Optisches Bauelement**

Die Erfindung bezieht sich auf ein optisches Bauelement wie dieses für optische Geräte und Instrumente, z. B. Kameras und Videogeräte, ferner für elektrooptische Geräte einschließlich jener für optische Nachrichtenübertragung und laserabgetastete Aufzeichnungsträger insbesondere Platten, benutzt wird. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein optisches Bauelement, dessen Brennweite durch Ändern der Form einer optischen Fläche geändert werden kann, sowie auf ein Verfahren zum Ändern der Brennweite unter Verwendung eines solchen optischen Variofokus-Bauelementes.

Variofokus-Linsen sind in Form eines flüssigkeitsgefüllten elastischen Behälters bekannt, dessen Form durch den Flüssigkeitsdruck geändert wird (siehe JA-A-36 857/1980). Es ist auch eine Variofokus-Linse unter Verwendung eines piezoelektrischen Bauelementes bekannt (siehe Ja-A-110 403/1981 und Ja-A-85 415/1983).

Die ersterwähnte, sogenannte Flüssiglinse erfordert aber ein Flüssigkeitsreservoir und eine Druckerzeugungseinrichtung, was einer kompakten Ausführung hindernd entgegensteht, und die letzterwähnte piezoelektrische Linse hat den Nachteil eines nur kleinen Brennweitenänderungsbereiches.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein optisches Bauelement, z. B. ein- oder mehrgliedrige Linsen, Spiegel oder Linsenspiegel, mit variabler Brennweite bereitzustellen, das einfach aufgebaut ist und kleine Abmessungen hat, gleichwohl aber einen großen Brennweitenänderungsbereich ermöglicht, wobei überdies die Änderung der Brennweite und die Einstellung auf eine bestimmte Brennweite leicht durchgeführt werden können.

Erfindungsgemäß ist diese Aufgabe mit den Merkmalen der Ansprüche 1, 19, 20, 21, 26 alternativ gelöst.

Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zur Brennweitenänderung. Die erfindungsgemäßen Besonderheiten dieses Verfahrens ergeben sich aus den Merkmalen des Anspruches 22.

Entsprechend einer Ausführung der Erfindung stehen ein elastischer Körper und ein mit einer Öffnung versehenes vergleichsweise starres Bauteil in Kontakt miteinander, um einen

Teil der Oberfläche des elastischen Körpers freizulegen.

Dabei ist der in der Öffnung freiliegende Oberflächenteil in seiner Form durch eine Deformation des elastischen Körpers änderbar und bildet so eine variable optische Fläche.

Nachstehend ist die Erfindung anhand in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele im einzelnen beschrieben; es zeigen:

Fig. 1 bis 3 Schnittansicht einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Bauelementes in verschiedenen Zuständen, wobei Fig. 1 das Bauelement ohne Einwirkung einer äußeren Kraft und Fig. 2 und 3 das Bauelement unter Einwirkung einer nach oben bzw. unten wirkenden Kraft darstellen,

Fig. 4 bis 7 Schnittansichten von vier weiteren Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Bauelementes,

Fig. 8 eine Schrägansicht einer sechsten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bauelementes,

Fig. 9 und 10 eine siebte Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Bauelementes zusammen mit einem Beispiel für die zugehörige Druckerzeugungsvorrichtung,

Fig. 11 eine Schnittansicht einer achtten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Bauelementes mit einem größeren Öffnungsdurchmesser,

Fig. 12 bis 19 je in Schnittansicht acht weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen optischen Bauelementes, wobei ein Bauteil mit einer konvexen oder konkaven Innenseite mit dem elastischen Körper in Kontakt steht,

Fig. 20 eine Schnittansicht einer achtzehnten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Bauelementes, wobei die Oberfläche des elastischen Körpers mit einem gehärteten Flächenteil versehen ist,

Fig. 21 und 22 den Zustand des Bauelementes nach Fig. 20 bei einwirkender äußerer Druck- bzw. Zugkraft,

Fig. 23 und 24 je in Schnittansicht zwei weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Bauelementes, wobei ein den elastischen Körper durchtrennendes Abstandsglied vorgesehen ist,

Fig. 25 und 26 Schnittansichten einer einundzwanzigsten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bauelementes, bei

der der elastische Körper mit einem Medium in Kontakt steht, das eine reflektierende Oberfläche zum Erhalt einer reflektierenden optischen Fläche besitzt, wobei Fig. 25 den Zustand des Bauelementes bei einwirkender äußerer Druckkraft und Fig. 26 den Zustand des Bauelementes bei einwirkender äußerer Zugkraft zeigen,

Fig. 27 eine Schnittansicht einer zweiundzwanzigsten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Bauelementes,

Fig. 28 eine Schnittansicht einer dreiundzwanzigsten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Bauelementes, bei dem der Durchmesser der Öffnung variabel ist,

Fig. 29 und 30 Schnittansichten einer vierundzwanzigsten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Bauelementes, bei dem die Oberfläche des Körpers, ausgenommen des in der Öffnung liegenden Teils, gehärtet ist, wobei Fig. 29 den Zustand ohne äußere Krafteinwirkung und Fig. 30 den Zustand bei einwirkender äußerer Kraft darstellen, und

Fig. 31 die Schnittansicht einer fünfundzwanzigsten Ausfüh-

rungsform des erfindungsgemäßen optischen Bauelementes mit einem Trengglied zum Unterteilen des elastischen Körpers.

Das erfindungsgemäße optische Bauelement umfaßt einen elastischen Körper und ein mit einer Öffnung versehenes vergleichsweise starres Bauteil, die in Kontakt miteinander stehen, um einen Teil des elastischen Körpers innerhalb der Öffnung freizulegen. Diese freie Oberfläche des elastischen Körpers kann ihre Form ändern, wenn der elastische Körper deformiert wird. Demgemäß kann durch Auswölben oder Einwärtswölben der in der Öffnung liegenden freien Oberfläche des elastischen Körpers eine konvexe oder konkave Fläche erhalten oder ein bestehender Wölbungsgrad geändert werden, so daß die gewünschte optische Eigenschaft, beispielsweise die gewünschte Brennweite, erhalten werden kann. Es kann demgemäß durch bloßes Ausüben einer äußeren Kraft auf den elastischen Körper oder durch bloßes Ändern des Volumens des elastischen Körpers die optische Fläche reversibel geändert werden, um die jeweils gewünschten optischen Eigenschaften zu erhalten. Das optische Bauelement kann daher sehr einfach aufgebaut und gesteuert werden, wobei ein großer Änderungsbereich für die optischen Eigenschaften erhalten werden kann, weil diese auf einer Formänderung der optischen Fläche beruhen.

Als das Material für den elastischen Körper kann jedes

Material benutzt werden, das bei Ausübung einer Kraft mit einer Formänderung reagiert und bei Entfernung der Kraft die ursprüngliche Form wieder annimmt, selbstverständlich vorausgesetzt, daß die ausgeübte Kraft nicht zu groß ist, d. h. innerhalb der Elastizitätsgrenzen bleibt.

Bei einem normalen Festkörper liegt die maximale Dehnung innerhalb der elastischen Grenze (kritische Dehnung) etwa bei 1 %. Bei einem vulkanisierten elastischen Kautschuk ist die Elastizitätsgrenze sehr groß und die kritische Dehnung beträgt annähernd 1000 %.

Beim erfindungsgemäßen optischen Bauelement kann ein Material mit einem Elastizitätsmodul entsprechend den gewünschten Eigenschaften des herzustellenden optischen Bauelementes ausgewählt werden. Vorzugsweise wird hierbei ein Material mit einem kleinen Elastizitätsmodul gewählt, um eine größere elastische Deformation zu erhalten oder den Zustand nach der Deformation optisch gleichförmiger zu machen.

Der Elastizitätsmodul (G) wird durch $G = \sigma / \gamma$ dargestellt, wobei σ die Spannung und γ die elastische Dehnung bedeuten. Der elastische Zustand, bei dem eine große Deformation mit kleiner Spannung erhalten wird, wird als hochelastischer oder gummielastischer Zustand bezeichnet. Gummielastische

Körper sind daher besonders bevorzugt.

Solche Gummi-Elastomere können die allgemein als Kautschuk bekannte Elastomere umfassen, nämlich natürliche und synthetische Kautschukarten wie Styrolbutadien-Kautschuk (SBR), Butadien-Kautschuk (BR), Isopren-Kautschuk (IR), Äthylenpropylen-Kautschuk (EPM, EPDM), Butyl-Kautschuk (IIR), Chloropren-Kautschuk (CR), Acrylonitrilbutadien-Kautschuk (NBR), Urethan-Kautschuk (U), Silicon-Kautschuk (Si), Fluor-Kautschuk (EPM), Polysulfid-Kautschuk (T), Polyäther-Kautschuk (POR, CHR, CHC) und dergleichen. Alle diese Materialien befinden sich bei Zimmertemperatur im gummielastischen Zustand. Jedoch können polymere Substanzen abhängig vom Grad der Brownschen Molekularbewegung im glasigen, gummielastischen oder flüssigen Zustand vorliegen. Demgemäß wird vorliegend als der elastische Körper regelmäßig eine polymere Substanz verwendet, die bei der Betriebstemperatur des optischen Bauelementes im gummielastischen Zustand vorliegt. Der Elastizitätsmodul im gummielastischen Zustand bestimmt sich hauptsächlich durch den Vernetzungszustand der polymeren Ketten, die das Elastomere aufbauen. Sonach ist beispielsweise die Vulkanisierung von natürlichem Kautschuk nichts anderes als eine Behandlung, die dessen Elastizitätsmodul bestimmt.

Für den hier zu verwendenden elastischen Körper ist es

wünschenswert, ein Elastomer einzusetzen, das eine starke Deformation bei kleinen Kräften liefert. Aus diesem Grunde ist es wichtig, den Vernetzungsgrad zu steuern.

Jedoch führt eine Verringerung des Elastizitätsmoduls (mit der Tendenz eine größere Verformung bei kleineren Spannungen zu erhalten) auch zu einer Erniedrigung der Zug- oder Druckfestigkeit; es ist deshalb notwendig, das Elastomer geeignet auszuwählen, so daß das schließliche optische Bauelement die für den beabsichtigten Zweck ausreichende Festigkeit besitzt. Des weiteren erfolgt zweckmäßig die Bestimmung des Elastizitätsmoduls in Abhängigkeit von der Spannungsart, die bei der Betriebsart des optischen Bauelementes auftritt, beispielsweise durch Messungen mit Hilfe von Zug-, Biege- oder Druckspannungen.

Der vorliegend zu verwendende elastische Körper sollte einen Elastizitätsmodul kleiner als der eines gewöhnlichen Festkörpers (10^6 bis 10^8 N/cm²) haben, nämlich etwa 10^3 N/cm², was für gewöhnliche Gummielastomere typisch ist, oder weniger, vorzugsweise 10 N/cm² oder weniger, insbesondere 1 N/cm² oder weniger. Die untere Grenze sollte vorzugsweise so klein wie möglich sein, vorausgesetzt, daß der elastische Körper nicht wie eine Flüssigkeit im allgemeinen zerfließt sondern formbeständig bleibt. In den meisten Fällen

werden die optischen Bauelemente bei Raumtemperatur benutzt, manchmal aber auch bei höheren oder niedrigeren Temperaturen. Demgemäß sind die vorstehend für den Elastizitätsmodul angegebenen Werte auf die im Einzelfall vorgesehene Betriebstemperatur des optischen Bauelementes bezogen.

Die Härte oder Weichheit eines elastischen Körpers hängen zu einem gewissen Ausmaß von dessen Elastizität ab. In der Japanischen Industrienorm (JIN) K 6301 ist eine Methode definiert, nach der die Härte einer Gummiprobe einfach abgeschätzt wird durch Penetration, wenn eine kleine Dehnung der Probenoberfläche durch eine Feder erzeugt wird.

Wenn jedoch der Wert des Elastizitätsmodul nur 10 N/cm^2 oder weniger beträgt, wird eine Messung nach dieser Methode unmöglich. In diesem Fall wird die Penetration gemessen und bestimmt mit Hilfe eines Viertelzoll-Mikrokonsistometer entsprechend JIN K 2808.

Des weiteren ist es bei kleinem Elastizitätsmodul schwierig, diesen anhand des Spannungsdehnungsdiagramms zu ermitteln. Sein Wert kann durch Kompression (5 % Verformung) bestimmt werden. Dieser Wert kann mit der vorstehend erwähnten Penetration korreliert werden.

Gummielastomere umfassen außer den vulkanisierten (vernetzten) Kautschuks auch Äthylenvinylacetatcopolymere, Butadienstyrolblockcopolymere, für die keine Vulkanisierung erforderlich ist, oder jene, wie diese durch geeignetes Gelieren von Kettenpolymeren (d. h. Steuern der Molekularkettenlängen zwischen den Vernetzungspunkten) erhalten werden.

Der Elastizitätsmodul eines jeden dieser Elastomere wird durch Steuern des Vernetzungsgrades durch Kombination von Monomeren in Blockcopolymeren oder durch den Gelierzustand gesteuert.

Außer einer Steuerung der Elastizität durch die Struktur des elastischen Materials selber ist es auch möglich, die Eigenschaften durch Hinzufügen eines Verdünnungs- oder Füllmittels zu ändern.

Wenn beispielsweise ein Verdünnungsmittel (Handelsbezeichnung: RTV-Verdünner der Shinetsu Kagaku Kogyo K. K.) einem Siliconkautschuk (Handelsbezeichnung: KE 104 derselben Firma) sowie ein Katalysator (Handelsbezeichnung: CAT-104 wiederum derselben Firma) zugefügt werden, verringern sich mit zunehmendem Zusatz Härte und Zugfestigkeit, während sich die Dehnung erhöht.

Das vorliegende optische Bauelement kann entweder für Durchlicht oder reflektierend ausgebildet werden. Im ersten Fall sollte der elastische Körper zweckmäßig eine Durchlässigkeit von mehr als 80 %, vorzugsweise 95 % oder mehr, haben, und zwar gemessen bei einer Dicke von 1,0 cm unter Verwendung eines Parallelplatten-Durchlässigkeit-Meßgerätes.

Als Verfahren zum Verformen der optischen Fläche des elastischen Körpers am durch die Öffnung freiliegenden Teil seien außer äußerer Kräfte auch noch die Möglichkeit einer Volumänderung genannt, wie diese von thermischer Expansion oder Schrumpfung begleitet ist, oder als Folge einer Sol-Gel-Änderung bei Verwendung des obigen Materials.

Das mit einer Öffnung versehene Bauteil zur Ausbildung der optischen Fläche des elastischen Körpers kann im Einzelfall eine flache Lochplatte sein, oder alternativ ein mit einer Öffnung mit wenigstens einer Wandung versehenes Gehäuse, durch das der elastische Körper eingegrenzt wird. Diese Öffnung kann je nach den gewünschten optischen Wirkungen in variabler Form ausgebildet werden. Im allgemeinen hat sie jedoch Kreisform, um eine konvexe oder konkave Linse mit variabler Brennweite zu erhalten.

Im Falle einer rechteckspaltförmigen Öffnung ist es möglich, eine Zylinderlinse oder eine torische Linse zu erhalten.

Das durch diese Öffnungen gebildete optische Bauelement, oder genauer die an diesen Öffnungen freiliegenden Flächen des elastischen Körpers, können in ihrer Form durch auf den elastischen Körper ausgeübte äußere Kräfte oder durch eine Volumänderung frei geändert werden. Der Grad dieser Änderung kann geregelt werden, wobei die Wirkung dieser Änderung festgestellt und entsprechend rückgekoppelt wird.

Die Öffnung kann durch ein piezoelektrisches Element, z. B. durch ein zylindrisch geformtes piezoelektrisches Material realisiert werden, wodurch das Bauelement bemerkenswert kompakt ausgebildet werden kann. Der piezoelektrische Zylinder kann eine äußere Kraft auf den elastischen Körper durch Ändern seines Durchmessers oder seiner Höhe entsprechend der Wahl des piezoelektrischen Materials ausüben.

Das mit einer Öffnung versehene Bauteil kann seine Form insofern ändern als die Öffnung eine bei Verformung des elastischen Körpers ähnliche Geometrie beibehält. Am bevorzugtesten ist jedoch, daß das mit einer Öffnung versehene Bauteil im wesentlichen starr ist und die Form der Öffnung nicht

nennenswert ändert. Hierdurch ergeben sich folgende Vorteile. Wenn die Öffnung kreisförmig ist, kann eine rotationssymmetrische optische Fläche, die aus optischen Gründen wünschenswert ist, leicht erhalten werden. (In dieser Hinsicht ist eine Verformung der Öffnung tolerierbar, so lange eine geometrische Ähnlichkeit der Öffnung beibehalten wird.) Die durch die Öffnung hindurchgelassene Lichtmenge ändert sich nicht wesentlich. Weiterhin werden andere schädliche Effekte auf eine optische Oberfläche vermieden, wie diese als Folge einer Formänderung der Öffnung auftreten.

Auf den elastischen Körper kann eine äußere Kraft nach jeder bekannten Methode ausgeübt werden. Es ist jedoch wünschenswert, daß die Verformung des elastischen Körpers mit Hilfe eines Rückkopplungsmechanismus geschieht, wobei die optische Wirkung dieser Verformung festgestellt wird. Zu diesem Zweck ist es bevorzugt, ein Verfahren vorzusehen, nach welchem eine elektrische Steuerung erfolgen kann mit Hilfe beispielsweise eines Elektromagneten, eines Schrittmotors oder eines piezoelektrischen Bauelementes. Auch kann eine Volumänderung durch Erwärmen bewerkstelligt werden. Hierzu wird eine Heizeinrichtung außerhalb oder innerhalb des elastischen Körpers vorgesehen.

Nachstehend sind typische Ausführungsformen des erfindungs-

gemäß den optischen Bauelementes anhand der Zeichnung beschrieben.

Fig. 1 bis 3 zeigen je in Schnittansicht die verschiedenen Zustände einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Bauelementes, das aufgebaut ist aus einem mit einer Öffnung 2 versehenen Bauteil 1 und einem beweglichen Bauteil 4 auf gegenüberliegenden Seiten eines hierzwischen angeordneten elastischen Körpers 3. In Fig. 1 bis 3 ist das Bauteil 1 als zylindrisches Gehäuse mit einer Kreisöffnung 2 ausgebildet, und der elastische Körper 3 ist wenigstens gegenüber dem Licht der benutzten Wellenlänge durchlässig. Ein bewegliches Bauteil dient zur Druckausübung auf den elastischen Körper 3 und ist als transparente Planplatte ausgebildet, die parallel zum oberen Gehäuseteil 2a, das die Öffnung 2 umgibt, angeordnet. Fig. 1 zeigt den Zustand ohne äußere Krafteinwirkung. Fig. 2 zeigt den Zustand bei auf das bewegliche Bauteil 4 ausgeübter Druckkraft, wodurch ein Teil des elastischen Körpers aus der Öffnung ausgewölbt wird, um eine konvexe Linse entsprechend der Größe des ausgeübten Druckes zu bilden. Fig. 3 zeigt den Zustand bei auf den elastischen Körper über das bewegliche Bauteil 4 ausgeübten Unterdruck (Zugspannung), wobei sich der elastische Körper bei der Öffnung einwärts wölbt, um eine Konkav-

linse zu bilden. Um diesen Zustand zu realisieren, sollte der elastische Körper 3 an der Innenseite der oberen Wandung 2a und am beweglichen Bauteil 4 befestigt, beispielsweise angeklebt sein.

Sonach kann je nach Größe und Vorzeichen der auf das bewegliche Bauteil des Gehäuses ausgeübten äußeren Kraft die gewünschte Form der optischen Fläche mit dem bei der Öffnung liegenden Teil des elastischen Körpers realisiert werden.

Die mit der Öffnung 2 versehene Platte 2a wird, wenn gewünscht, lichtundurchlässig gemacht. Wenn sie jedoch transparent gehalten wird, dann kann das Bauelement auch als ein solches mit zwei Brennweiten benutzt werden. Wie erwähnt kann, falls gewünscht oder erforderlich, das bewegliche Bauteil am elastischen Körper befestigt, z. B. angeklebt sein. Ferner kann, falls gewünscht oder erforderlich, der elastische Körper als Ganzes an der Innenfläche des Gehäuses befestigt sein.

Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform. Hierbei ist das mit einer Öffnung versehene Glied beweglich. Daher ist es auch möglich, den elastischen Körper 3, der in einem Gehäuse 5 mit bodenseitiger transparenter Planplatte angeordnet ist, mit Hilfe des mit einer Kreisöffnung 7 versehenen beweglichen Bauteils 6 unter Druck zu setzen.

Fig. 5 zeigt eine dritte Ausführungsform, bei der ein bewegliches Bauteil 6 mit einer Öffnung 7 zur Ausformung einer optischen Fläche im Wege einer Auswölbung oder Einwärtswölbung des elastischen Körpers einem weiteren mit einer Öffnung 9 versehenen Bauteil gegenübersteht, zwischen denen der elastische Körper angeordnet ist. Durch das Vorsehen sehen mehrerer Öffnungen 7 und 9 können bei Druckausübung entsprechende Krümmungen auf beiden Seiten erzeugt werden. Durch Ändern der Größe der Öffnungen können verschiedene Krümmungen erhalten werden.

Wie in Fig. 6 dargestellt ist, kann des weiteren der Körper 3 in einem Gehäuse 10 untergebracht sein, in dessen Innern eine Öffnung 13 ausgebildet ist. Dieses geschieht mit Hilfe eines Hohlzylinders 12, der auf einem optisch transparenten Deckel 11 des Gehäuses fixiert ist. Durch Ausübung einer äußeren Kraft auf ein bewegliches Glied 4 bildet sich bei der Öffnung 13 eine optische Fläche im elastischen Körper aus.

Wie erwähnt wird (positiver oder negativer) Druck auf den elastischen Körper durch entsprechendes Ansteuern des beweglichen Teils 4 oder 6 nach jedem bekannten Verfahren ausgeübt. Beispielsweise kann das Gehäuse einfach mit einem

Gewinde versehen werden, in das das bewegliche Bauteil mehr oder weniger eingeschraubt wird. Alternativ kann das bewegliche Bauteil unter Steuerung eines Elektromagneten verstellt werden. Die Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt.

Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsform mit einem beweglichen Bauteil 14, das mit dem elastischen Körper 3 an Flächen in Berührung steht, die senkrecht zu der die Öffnung tragenden Fläche verlaufen. Beispielsweise kann, wie dargestellt, die optische Fläche unter Verwendung eines zylindrischen piezoelektrischen Elementes 14 ausgebildet werden, wobei durch Expansion oder Schrumpfen in radialer Richtung der elastische Körper 3 aus der Öffnung 15a des zylindrischen Gehäuses 15 ausgewölbt oder in diese eingezogen werden. Das Gehäuse 15 ist im übrigen mit einer transparenten Bodenplatte 15b versehen.

Die Öffnung des optischen Bauelementes ist nicht auf kreisförmige Form begrenzt. Beispielsweise kann, wie in Fig. 8 dargestellt ist, unter Verwendung eines Gehäuses 16 mit einer Rechtecköffnung 17 die Form des elastischen Körpers, der durch Druckeinwirkung entweder ausgewölbt oder einwärts gewölbt wird, zylindrisch oder torisch gehalten werden.

Fig. 9 und 10 zeigen Beispiele mit einer Einrichtung zum Ausüben einer äußeren Kraft. In Fig. 9 ist der elastische Körper in einem Zylinder 21 eingeschlossen, der aus aufeinandergeschichteten piezoelektrischen Ringen aufgebaut ist. Durch Anlegen einer Spannung an den piezoelektrischen Zylinder mit Hilfe einer Spannungsquelle 22 und eines Schalters 23 können ein scheibenförmiges bewegliches Bauteil 20 und ein mit einer Öffnung 18 versehenes bewegliches Bauteil 19, die am oberen und unteren Ende des piezoelektrischen Zylinders innenseitig befestigt sind, einander genähert werden, so daß die optische Fläche bei der Öffnung 18 verformt werden kann. Bei dieser Ausführungsform hat jede Schicht des piezoelektrischen Elements die Eigenschaft, ihre Dicke zu ändern, wenn ein elektrisches Feld in der Dicken-Richtung ansteht. Alternativ kann eine piezoelektrische Folie verwendet werden, die die Eigenschaft hat, ihr Gebiet oder ihre Länge bei einem in Dickenrichtung anstehenden elektrischen Feld zu ändern.

Wie in Fig. 10 dargestellt ist, kann auch ein bewegliches Glied 25 aus einem ferromagnetischen Material vorgesehen werden, das mit Hilfe eines Elektromagneten 26 in einem Gehäuse 27 in Richtung Gehäuseboden bewegt werden kann, wodurch die optische Fläche des elastischen Körpers 3 bei der Öffnung 24 verformt werden kann.

Bei dem vorliegenden Bauelement bildet sich mit zunehmender Größe der die optische Fläche umgebenden Öffnung eine stärker werdende Tendenz aus, daß der Krümmungsradius der optischen Fläche in der Nähe der optischen Achse größer, aber in der Nähe des Umfangs kleiner wird, wodurch eine zwar rotationssymmetrische aber nichtsphärische Fläche resultiert (Fig. 11). Die Form der optischen Fläche bei der Öffnung 2 kann sich auch in Abhängigkeit von Dicke oder Volumen oder vom Elastizitätsmodul des elastischen Körpers 3 ändern.

Fig. 12 bis 19 zeigen verschiedene Ausführungsformen, bei denen zum Erhalt von sphärischen optischen Flächenformen Hilfsglieder 40 usw. mit konvexen oder konkaven Innenflächen vorgesehen sind, die mit dem elastischen Körper auf dessen der Öffnung gegenüberliegenden Seite je in Kontakt stehen. Bei den optischen Bauelementen nach Fig. 12 bis 19 wird Druck (und/oder Spannung) auf den elastischen Körper durch Bewegen eines konvexen oder konkaven Gliedes ausgeübt. Es ist aber auch möglich, Druck (und/oder Spannung) durch Bewegen des mit der Öffnung versehenen Bauteils zu erzeugen, wie dieses anhand der Ausführungsformen nach Fig. 9 und 10 beschrieben worden ist.

Entsprechend Fig. 12 umfaßt das optische Bauelement ein zylindrisches Bauteil 1 mit einer Öffnung 2, einen elastischen

Körper 3 und eine Grundplatte 40 zum Druckausüben auf den elastischen Körper 3. Der Körper 40 ist auf seiner Innenseite, der dem elastischen Körper zugewandten Seite, mit einer sphärischen konvexen Fläche versehen. Durch Verstellen der Grundplatte in druckausübender Richtung auf den elastischen Körper wird dieser in konvexer Linsenform aus der Öffnung 2 ausgewölbt. Da in diesem Fall die Innenseite der Grundplatte 40 sphärisch ist, kann der in der Öffnung zentral gelegene Teil des elastischen Körpers bevorzugt angehoben werden. Im Ergebnis wird im Vergleich zu einer planen Bodenplatte die erwünschtere konvexe sphärische Fläche erhalten. Umgekehrt wird (siehe Fig. 13) bei Verstellung der Bodenplatte im Sinne einer Unterdruckausübung auf den elastischen Körper 3 dieser eine eingezogene Konkavlinse innerhalb der Öffnung 2 ausbilden. Auch in diesem Fall wird wegen der konvexsphärischen Form der Bodenplatte 40 der Mittelteil bevorzugt eingezogen, um die im Vergleich zu einer planen Bodenplatte erwünschtere sphärische konkave Form zu erhalten.

Durch Ändern der innenseitigen Form der Bodenplatte kann die Form der optischen Fläche bei der Öffnung 2 in die gewünschte Gestalt gebracht werden. Beispielsweise ist (siehe Fig. 14) ein vorspringender Teil 41a auf der Innenseite der Bodenplatte 41 vorgesehen. Durch entsprechende Verstellung

der Bodenplatte kann wie im Falle der Ausführungsform nach Fig. 12 der in der Öffnung 2 zentral gelegene Teil der optischen Fläche in eine gewünschte konvexe oder konkave Form gebracht werden. Durch Ändern der Größe des vorspringenden Teils 41a kann die Form der optischen Fläche in weiten Grenzen geändert werden. Da die Fläche 41b des vorspringenden Teils 41a gegenüber der Öffnung 2 plan ist, braucht, wenn das optische Bauelement für Durchlicht ausgebildet wird, die optische Wirkung einer auf der Innenseite der transparenten Bodenplatte vorgesehene gekrümmte Fläche nicht berücksichtigt zu werden.

Fig. 15 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der die Innenseite der Bodenplatte in der dargestellten Form mit dem Ziel gekrümmt ist, eine optische Fläche in der gewünschten Form zu erhalten. Im einzelnen kann der spezielle Krümmungsverlauf auch durch Simulation auf einem Computer bestimmt werden.

Des weiteren kann die Innenseite der Bodenplatte durch konvexe und konkave Abschnitte z. B. in Sinuswellen- oder Rechteckwellenform gebildet werden.

Fig. 16 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der die Unterseite 43c der Bodenplatte 43 wie eine konvexe Linse ge-

krümmt ist. In diesem Fall (ebenso auch im Falle der Ausführungsformen mit gekrümmter Oberseite der Bodenplatte) kann durch geeignete Wahl des Brechungsindex und der Dispersion der Bodenplatte 43 die Schwankungen der chromatischen Aberration als Folge einer unterschiedlich starken Verformung der freien Oberfläche des elastischen Körpers an der Öffnung 2 verringert werden.

Die vorstehende Beschreibung gilt sinngemäß auch für den Fall, daß die Öffnung Rechteckspalt-Form besitzt.

Fig. 17 bis 19 zeigen Ausführungsformen, bei denen die Innenseiten der Bodenplatten 44, 45 und 46 konkav geformt sind, um zu gewünschten Formen der optischen Flächen bei der Öffnung 2 zu gelangen.

Bei einer weiteren Ausführungsform kann das Gebiet und/oder die Form der die optische Fläche eingrenzenden Öffnung variabel gemacht werden, wodurch die durch den elastischen Körper gebildete optische Fläche gesteuert werden kann. Beispielsweise kann durch Ändern des Öffnungsgebietes der Auswölbungs- oder Einwölbungsgrad zum Erhalt gewünschter optischer Eigenschaften geändert werden. Alternativ kann durch Ändern des Umrisses der Öffnung, beispielsweise von Kreisform in Ellipsen- oder Rechteckform, eine torische Linse oder eine zylindrische Linse erhalten werden.

Methoden zum Ändern der Form der Öffnung umfassen jene, bei denen das Gebiet oder der Umriß der Öffnung geändert wird, sowie jene, bei der sowohl das Gebiet als auch der Umriß geändert werden. Zum Ändern der Form der Öffnung empfiehlt sich die Methode, mit Hilfe einer für Kameras bekannten Iris das Gebiet einer kreisförmigen Öffnung zu ändern. Diese Methode ist auch für ein System zur Änderung einer Ellipsenform anwendbar. Durch Kombination zweier Mechanismen zum Ändern der Spaltbreiten können Länge und Breite eines Rechteckspalts frei geändert werden.

Eine weitere Ausführungsform besteht in einem Aufbau, bei dem ein elastischer Körper verwendet wird, dessen Oberfläche, ausgenommen des von der Öffnung umschlossenen optischen Flächenteils, durch gehärtete Flächen gebildet ist. Unter Verwendung von sowohl elastischen als auch gehärteten Flächen kann die Handhabung des elastischen Körpers verbessert und ein den elastischen Körper einschließendes Gehäuse eingespart werden.

Fig. 20 bis 22 zeigen Schnittansichten eines typischen Grundaufbaues eines solchen optischen Bauelementes. Es besitzt einen zylindrischen, transparenten elastischen Körper 3 mit gehärteten Flächen 51 und eine Lochplatte 50 mit einer

Öffnung 2, die auch als das bewegliche Bauteil zur Ausübung eines (positiven oder negativen) Druckes auf den elastischen Körper fungiert. Fig. 20 zeigt den Zustand ohne ausgeübten Druck. Fig. 21 zeigt den Zustand, bei dem Druck über die Lochplatte 50 auf den elastischen Körper 3 ausgeübt wird. In diesem Fall wird, abhängig von der Größe des ausgeübten Druckes ein Teil des elastischen Körpers in Form einer konvexen Linse aus der Öffnung ausgewölbt. Fig. 22 zeigt den Zustand, bei dem ein negativer Druck (Zug) über die Lochplatte 50 auf den elastischen Körper ausgeübt wird. In diesem Fall wölbt sich der elastische Körper unter Bildung einer konkaven Linse einwärts in die Öffnung.

Entsprechend einer weiteren Ausführung kann die für die Ausbildung der optischen Fläche vorgesehene Oberfläche des elastischen Körpers reflektierend gemacht werden. Das heißt, das optische Bauelement kann als Spiegel mit variabler Brennweite ausgebildet werden. Die Oberfläche kann nach zahlreichen Methoden reflektierend gemacht werden, beispielsweise durch Aufdampfen von Aluminium und Silber oder anderen Metallen auf die Oberfläche des elastischen Körpers, beispielsweise durch Dispergieren von Metallpartikeln oder durch Schichten mit stark unterschiedlichen Brechungskoeffizienten aufeinanderfolgend erzeugt werden, beispielsweise durch

Aufdampfen, Auftragen im Schleuderverfahren, Plasma-Polymerisation usw.

Bei einer weiteren Ausführungsform sind ein Paar elastischer Körper zwischen zwei je mit einer Öffnung versehenen Bauteilen angeordnet, wobei zwischen den beiden elastischen Körpern ein Trenn- oder Abstandsglied vorgesehen ist (siehe Fig. 23 und 24). Durch ein solches Trenn- oder Abstandsglied können die Formen der erhältlichen optischen Flächen unabhängig voneinander oder in bestimmter Beziehung zueinander gleichzeitig geändert werden. Vorliegend ist ein Trenn- glied für den oder die elastischen Körper insbesondere dafür vorgesehen, unabhängige Formänderungen mehrerer optischer Flächen zu realisieren. Fig. 23 zeigt ein hierfür typisches Beispiel. Diese Ausführungsform umfaßt einen elastischen Körper 3 innerhalb eines zylindrischen Gehäuses 64, wobei der elastische Körper 3 durch ein scheibenförmiges Trenn- glied 61 unterteilt ist. Gegenüberliegende Lochplatten 60 und 63 tragen gegenüberliegende Öffnungen 65 und 62. Die optischen Flächen, die durch die an den Öffnungen 65 und 62 gelegenen Teilen der elastischen Körper gebildet sind, können in jeder gewünschten Form durch Verschieben der Lochplatten 60 und 63 oder der Trennplatte 61 oder aller drei Platten zusammen in der zu den Öffnungen senkrechten Richtung erhalten werden. Beispielsweise können durch

Fixieren des Trengliedes 61 und durch Bewegen der Lochplatten 60 und 63 je in Richtung auf das Trenglied konkav ausgebildete optische Flächen an den Öffnungen 65 und 62 erhalten werden. Werden andererseits die Lochplatten 60 und 63 von der Trennplatte 61 wegbewegt, ergeben sich je konkave optische Flächen. Werden die Lochplatten 60 und 63 in derselben Richtung bewegt und wird bei fixierten Lochplatten das Trenglied 61 bewegt, dann bildet sich an einer der Öffnungen 65, 62 eine konvexe optische Fläche aus, und an der anderen eine konkave optische Fläche.

Wie erwähnt, ist jede Methode zum Ausüben von Druck auf den elastischen Körper durch eine entsprechende Beaufschlagung der Lochplatte oder Lochplatten oder der Trennplatte brauchbar. Beispielsweise kann das Gehäuse 64 einfach mit einem Gewinde versehen werden und die Lochplatten und die Trennplatte jeweils gewünscht eingeschraubt werden. Auch können Lochplatte oder Trennplatte unter Verwendung eines Elektromagneten beaufschlagt werden. Die Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt. Weiterhin braucht das Trenglied 61 nicht stets als planparallele Platte vorzuliegen, es kann auch einseitig oder beidseitig mit gekrümmten Flächen versehen sein, wie dieses für die Bodenplatte nach Fig. 12 bis 19 beschrieben worden ist. Das Trenglied 61 ist im allgemeinen optisch transparent.

Fig. 24 zeigt in Schnittansicht eine weitere Ausführungsform, bei der der elastische Körper 3 nicht von einem Gehäuse eingeschlossen ist. In diesem Fall kann, falls gewünscht, die seitliche Umfangsfläche einer Aushärtung unterworfen werden. Die Aushärtungsbehandlung kann durch Eintauchen des elastischen Körpers in eine Lösung eines Vernetzungs-Härtungsmittels bewerkstelligt werden, um eine Vernetzung nur an der Oberfläche zu erhalten, oder durch Eintauchen in ein mit UV-Strahlung aushärtbares Harz, gefolgt von einer UV-Bestrahlung zur Aushärtung.

Entsprechend einer weiteren Ausführungsform ist ein Medium vorgesehen, das entsprechend der Einwärts- oder Auswärtsverformung des an der Öffnung gelegenen Teils des elastischen Körpers verformt werden kann, wobei die mit dem elastischen Körper in Berührung stehende Fläche dieses Mediums reflektierend ausgebildet wird, um einen Spiegel mit variabler Brennweite zu erhalten.

Die Fig. 25 und 26 zeigen eine solche Ausführungsform. Dort bedeuten 71 ein zylindrisches Gehäuse mit einer Kreisöffnung 72, 3 einen elastischen Körper, 74 eine optisch transparente Platte als bewegbares Bauteil zur Druckausübung auf den elastischen Körper, 75 ein reflektierendes Medium aus Quecksilber, 76 ein elastisches Glied wie Gummi und 77 ein

Quecksilber-Reservoir. Fig. 25 zeigt den Zustand bei auf den elastischen Körper 3 über das bewegliche Bauteil 74 ausgeübtem Druck. Abhängig von der Größe dieses Druckes wird ein Teil 3a des elastischen Körpers 3 aus dem Öffnungsteil 72 in Form einer konvexen Linse ausgewölbt. Der konvex ausgewölzte Teil 3a steht nun mit dem Quecksilber 75 in Berührung und bildet eine Grenzfläche 78 zwischen dem elastischen Körper 3 und dem Quecksilber 75. Diese Grenzfläche 78 bildet eine reflektierende Fläche für durch den elastischen Körper 3 eintretendes Licht 79. Wegen der Druckausübung auf den elastischen Körper wird der ausgewölzte Teil 3a das Quecksilber 75 verdrängen, wobei sich die Form der Grenzfläche 78 ändert. Das verdrängte Quecksilber führt zu einer entsprechenden Verformung des im übrigen leicht verformbaren elastischen Gliedes 76. Das Quecksilber behindert daher nicht die Auswölbung des elastischen Körpers 3 in Form einer konvexen Linse.

Die reflektierende Fläche 78 kann als Konkavspiegel verwendet werden. Durch Ändern der Größe des auf die planparallele Platte 74 ausgeübten Drucks kann der Auswölbungsgrad des konvex ausgewölbten Teils 3a mit einer begleitenden Krümmungsänderung der reflektierenden Fläche 78 geändert werden. Man erhält daher einen Konkavspiegel mit variabler Brennweite.

Fig. 26 zeigt den Zustand, bei dem ein negativer Druck auf den elastischen Körper 3 über die parallel zur Öffnung orientierte Platte 74 ausgeübt wird. Der elastische Körper 3 wird von der Platte hochgezogen, wodurch der elastische Körper bei der Öffnung 72 die Form einer Konkavlinse annimmt. Auch in diesem Fall bildet das Quecksilber 75 eine den verformten elastischen Körper 3 berührende Fläche 78. Die Fläche 78 bildet nunmehr einen Konvexspiegel. Durch Ändern des auf die Platte 74 ausgeübten negativen Drucks kann die Krümmung und damit die Brennweite des Konvexspiegels kontinuierlich geändert werden.

Statt Quecksilber zur Ausbildung der reflektierenden Fläche zu benutzen, ist es auch möglich, andere flüssige Substanzen einzusetzen, die eine reflektierende Oberfläche zu bilden vermögen, beispielsweise eine flüssige Dispersion von feinem Aluminiumpulver in einer Flüssigkeit wie Xylol. Für denselben Zweck kann als leicht deformierbares Medium auch ein Siliconkautschuk, der feines Aluminiumpulver enthält, verwendet werden.

Nachstehend sind Beispiele wiedergegeben.

Beispiel 1

Es wurde ein optisches Bauelement in der aus Fig. 27 ersicht-

lichen Form hergestellt. Zunächst wurde in ein zylindrisches Messinggehäuse 29 (Innendurchmesser 50 mm, Tiefe 20 mm), das am Boden mit einer transparenten Glasplatte 28 versehen war, eine Mischung aus einem Siliconkautschuk (Handelsbezeichnung: KE 104 Gel der Sinetsu Kagaku Kogyo K. K.) mit 12 Gew.-% eines Katalysators (Handelsbezeichnung: Catalyst 104 derselben Firma) eingefüllt. Die Mischung wurde 48 Stunden lang bei 50 °C stehengelassen, um einen transparenten elastischen Körper 30 mit einem Elastizitätsmodul von etwa 2 N/cm² zu erhalten. Sodann wurde auf den transparenten elastischen Körper 30 eine Aluminiumplatte 31 mit einer Öffnung 32 eines Durchmessers von etwa 15 mm aufgesetzt und durch einen Andrückring 33 niedergedrückt. Der Andrückring 33 war so ausgebildet, daß er in das Gehäuse 29 eingeschraubt und die Aluminiumplatte 31 bei Drehung des Andrückrings 33 vertikal verstellt werden kann, so daß sich der transparente elastische Körper an der Öffnung 32 der Platte 31 auswärts oder einwärts wölben kann. Die Form des auswärts oder einwärts gewölbten Teils ist eine rotations-symmetrische aber asphärische Fläche mit einem größeren Krümmungsradius bei der optischen Achse und einem kleineren Krümmungsradius an den Randzonen. Durch Ändern des ausgeübten Druckes im Wege einer Verdrehung des Andrückrings im Bereich von 0 bis etwa 2 N/cm² konnte der Krümmungsradius bei der optischen Achse kontinuierlich zwischen ∞ und 30 mm

geändert werden. Dieses war mit einer Brennweitenänderung der Linse zwischen ∞ und 74 mm verknüpft.

Die Kombination von Gehäuse 29 und Andrückring 33 vermag auch als eine Einrichtung zum konstanten Ausüben einer Kraft auf den elastischen Körper und damit zur Ausbildung einer konstanten Form des in der Öffnung freiliegenden Teils der Oberfläche des elastischen Körpers durch dessen Verformung zu dienen. Falls erforderlich kann hierzu der Ring am Gehäuse fixiert, beispielsweise verklebt oder angeschweißt, werden.

Beispiel 2

Der Durchmesser der Öffnung 32 der Aluminiumplatte 31 des Beispiels 1 wurde auf 10 mm geändert. Bei einer Druckänderung zwischen 0 und etwa 2 N/cm^2 ergab sich ein Änderungsreich für den Krümmungsradius bei der optischen Achse von ∞ bis 23 mm mit einem begleitenden Brennweitenänderungsreich von ∞ bis 57 mm.

Beispiel 3

Es wurde die Menge des nach Beispiel 1 zugesetzten Katalysators auf 10 % geändert. Man erhielt einen transparenten

elastischen Körper mit einem Elastizitätsmodul von etwa 1 N/cm². Für einen Druckänderungsbereich von 0 bis etwa 1 N/cm² ergab sich ein Änderungsbereich für den Krümmungsradius bei der optischen Achse von ∞ bis 32 mm und für die Brennweite von ∞ bis 79 mm.

Beispiel 4

Die Oberfläche der Aluminiumplatte 31 des Beispiels 1 wurde vorher mit einem Primer (Primer A der Shinetsu Kagaku Kogyo K. K.) beschichtet und auf den transparenten elastischen Körper 30 aufgeklebt. Bei Ausübung eines negativen Druckes auf den transparenten elastischen Körper durch Hochziehen der Aluminiumplatte 31 bei entsprechender Drehung des Rings 33 zieht sich der transparente elastische Körper 30 bei der Öffnung 32 unter Ausbildung einer konkaven Fläche ein. Bei einer Änderung des negativen Druckes zwischen 0 und etwa 1 N/cm² ergab sich ein Änderungsbereich für den Krümmungsradius bei der optischen Achse von ∞ bis 63 mm und für die Brennweite von $-\infty$ bis -155 mm.

Durch Herunterdrücken oder Hochziehen der Aluminiumplatte kann daher die Linsenform kontinuierlich zwischen konkav und konvex geändert werden, und zwar innerhalb eines Brennweitenänderungsbereich insgesamt von ∞ bis 74 mm \leftrightarrow $-\infty$ bis -155 mm.

Beispiel 5

Der Siliconkautschuk nach Beispiel 1 wurde ersetzt durch ein Reaktionsprodukt von Diäthylenglycolbisallylcarbonat (Handelsbezeichnung: TS-16 der Firma Tokuyama Soda K. K.), das 90 Minuten lang bei 80 °C mit 3 % Benzoylperoxid vernetzt wurde. Dieses Material kann als gelähnlicher elastischer Körper mit guter Transparenz aufgefaßt werden, bei dem etwa 70 bis 80 % Monomeres in etwa 20 bis 30 % polymerem Netzwerk dispergiert war. Man erhielt eine vergleichbare Linse mit veränderbarer Brennweite.

Bei Verwendung von Diallylphtalat oder Diallylisophthalat statt Diäthylenglycolbisallylcarbonat erhielt man ebenfalls eine vergleichbare Linse variabler Brennweite.

Beispiel 6

Es wurde ein optisches Bauelement in der aus Fig. 28 ersichtlichen Form hergestellt. Hierzu wurde zunächst in ein zylindrisches Messinggefäß 85 (Innendurchmesser 50 mm, Tiefe 20 mm) mit einer transparenten Glasplatte 84 als Boden eine Mischung aus Siliconkautschuk (Handelsbezeichnung: KE 104 Gel der Shinetsu Kagaku Kogyo K. K.) mit 12 Gew.-% eines Katalysators (Catalyst 104 derselben Firma) eingefüllt. Die

Mischung wurde 48 Stunden lang bei 50 °C stehengelassen, um einen transparenten elastischen Körper 80 mit einem Elastizitätsmodul von etwa 2 N/cm² zu erhalten. Sodann wurde auf die Oberfläche des transparenten elastischen Körpers 80 ein Bauteil 81 mit einem im Durchmesser von 5 bis 20 mm änderbaren Iris-Mechanismus aufgesetzt. Die Glasplatte 84 am Boden des Gehäuses wurde vertikal verstellbar mit Hilfe eines Andrück-Schraubrings 83 gemacht, so daß der elastische Körper bei der Öffnung 82 auswärts oder einwärts gewölbt werden konnte. Die Form des auswärts oder einwärts gewölbten Teils war rotationssymmetrisch aber asphärisch mit einem größeren Krümmungsradius bei der optischen Achse als bei den Randzonen. Bei Ausübung eines Druckes von etwa 2 N/cm² durch entsprechendes Verdrehen des Andrückrings 83 konnte bei einer Änderung des Durchmessers der Öffnung zwischen 5 mm und 20 mm ein Änderungsbereich für den Krümmungsradius bei der optischen Achse von 11 bis 30 mm und für die Brennweite von 27 bis 89 mm erhalten werden.

Beispiel 7

Zur Herstellung des elastischen Körpers aus Siliconkautschuk (KE 104 Gel der Shinetsu Kagaku Kogyo K. K.) wurde zunächst ein Katalysator (CAT-104 derselben Firma) in einem Anteil von 14 % zugesetzt, um ein äußeres Gehäuse zu bilden. Sodann

wurde ein elastischer Körper, der 9 % des Katalysators enthielt, in das Gehäuse verbracht, um einen zusammengesetzten elastischen Körper 90 mit einem ausgehärteten Umfangsteil 91 eines relativ harten elastischen Körpers (Penetration von 30 gemessen mit einem 1/4 Zoll-Consistometer nach JIN K 2808) und einem weichelastischen Körper im Inneren (Penetration von 80) zu erhalten, wie dieses in Fig. 29 dargestellt ist. Der elastische Körper 90 mit seinem gehärteten Umfangsteil 91 wurde mit einem mit einer Kreisöffnung versehenen ferromagnetischen Bauteil 93 und einem Elektromagneten 92 kombiniert. Im Ergebnis konnte ein sehr kompaktes optisches Bauelement erhalten werden. Fig. 30 zeigt den Zustand des Bauelementes bei erregtem Elektromagneten, so daß der elastische Körper unter konvexer Auswölbung seiner optischen Fläche komprimiert ist.

Beispiel 8

Es wurde ein optisches Bauelement in der aus Fig. 31 ersichtlichen Form hergestellt.

Hierzu wurde zunächst in der Mitte eines zylindrischen Messinggehäuses 100 (Innendurchmesser 50 mm, Tiefe 45 mm) eine 1 mm dicke Glasplatte 105 als Trennglied fixiert. In die entstandenen beiden Gehäusehälften wurde eine Mischung aus

Silikonkautschuk (KE 104 Gel der Shinetsu Kagaku Kogyo K.K.) mit 12 Gew.-% eines Katalysators gefüllt und jeweils 48 Stunden lang bei 50 °C stehengelassen, um transparente elastische Körper 104 und 104a zu erhalten. Die elastischen Körper hatten einen Elastizitätsmodul von 2 N/cm². Sodann wurde auf die beiden elastischen Körper 104 und 104a Eisenplatten 101 und 101a mit Öffnungen 102 und 102a eines Durchmessers von 15 mm aufgebracht. Die beiden Platten waren vorher auf ihrer Innenseite mit einem Primer (Primer A der Shinetsu Kagaku Kogyo K. K.) beschichtet worden.

Zwei Elektromagneten 103 und 103a umgaben dann das Gehäuse 100. Durch Ändern des diesen zugeführten Stroms wurden die über die Eisenplatten 101 und 101a ausgeübte Drücke unabhängig voneinander gesteuert, so daß die Formen des sich aus den Öffnungen 102 und 102a auswölbenden Siliconkautschuks vielfältig geändert werden konnte. Ohne Druckausübung betrug der Abstand zwischen den Oberflächen 102 und 102a des Siliconkautschuks etwa 15 mm. Selbst bei Ausübung eines positiven Druckes auf die eine der beiden Eisenplatten 101 und 101a und eines negativen Druckes auf die andere blieb der Abstand zwischen den beiden Scheitelpunkten der Siliconkautschukflächen 102 und 102a im wesentlichen ungeändert, wobei sich eine Meniskuslinse einstellte.

Bei Drücken von etwa $+0,2 \text{ N/cm}^2$ und etwa $+0,4 \text{ N/cm}^2$ auf die Eisenplatte 101 mit Hilfe des Elektromagneten 103 wurde die Oberfläche 102 des Siliconkautschuks konvex mit einem Krümmungsradius bei der optischen Achse von etwa 300 mm bzw. etwa 150 mm, während die Ausübung eines Druckes von etwa $-0,2 \text{ N/cm}^2$ zu einer konkaven Fläche mit einem Krümmungsradius bei der optischen Achse von etwa 310 mm führte.

Die Oberfläche 102a des Siliconkautschuks wurde in ähnlicher Weise verformt, wenn Druck über die Eisenplatte 101a mit Hilfe des Elektromagneten 103a ausgeübt wurde.

Die Brechungsindices der Siliconkautschukkörper 104 und 104a und der Glasplatte 105 betrugen je etwa 1,4. Bei Ausübung eines gleichzeitigen Druckes von etwa $+0,4 \text{ N/cm}^2$ auf jede Eisenplatte 101 und 101a erhielt man eine Bikonvexlinse mit einer Brennweite von etwa 190 mm. Bei Ausübung eines Druckes von etwa $0,4 \text{ N/cm}^2$ über die Eisenplatte 101 und eines Druckes von etwa $-0,2 \text{ N/cm}^2$ über die Platte 101a erhielt man eine Meniskuslinse mit einer Brennweite von etwa 700 mm. Bei gleichzeitiger Ausübung eines Druckes von etwa $-0,2 \text{ N/cm}^2$ auf beide Eisenplatten 101 und 101a erhielt man eine Bikonkavlinse mit einer Brennweite von etwa -370 mm.

Wenn andererseits entgegengesetzt gleiche Drücke von etwa $0,2 \text{ N/cm}^2$ auf die Eisenplatten 101 und 101a ausgeübt wurden (was äquivalent zu dem Fall ist, daß die Eisenplatten 101 und 101a am Gehäuse 100 fixiert sind und die Glasplatte 105 beweglich gehalten und mit einer nach unten gerichteten Kraft zur Ausübung eines Druckes von etwa $0,4 \text{ N/cm}^2$ verstellt wird) erhält man eine Meniskuslinse mit einer Brennweite von praktisch Unendlich.

Bei den Ausführungsformen mit durch ein Trenglied 2 geteiltem elastischem Körper können für die beiden Hälften des Körpers Materialien auch unterschiedlichen Brechungsindex und Dispersionverhaltens sowie unterschiedlicher Dicke mit Blick auf eine Optimierung des Korrektionszustandes gewählt werden. Weiterhin könnte bei den Ausführungsformen nach Fig. 25 und 26 das reflektierende Quecksilbervolumen 75 ersetzt werden durch ein transparentes leicht deformierbares Medium mit gegenüber dem elastischen Körper 3 verschiedenen optischen Konstanten, um ein Linsenglied nach Art eines gekitteten Dublettes zu realisieren.

FIG. 1

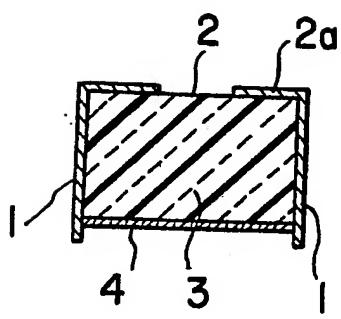


FIG. 2

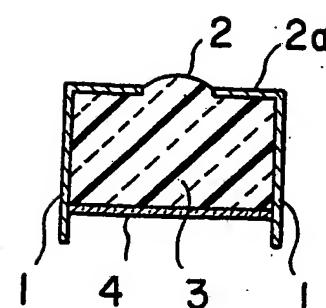


FIG. 3

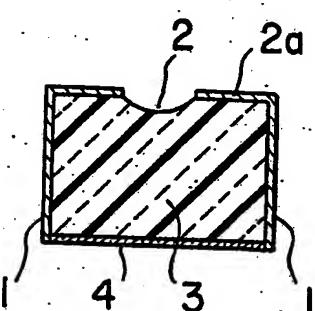


FIG. 4

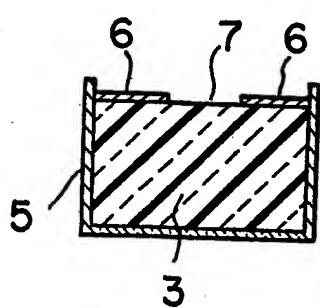


FIG. 5

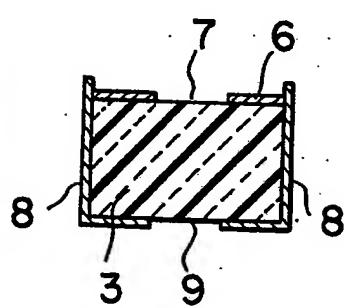


FIG. 6

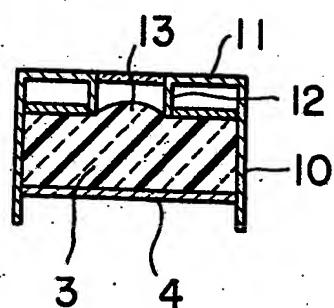


FIG. 7

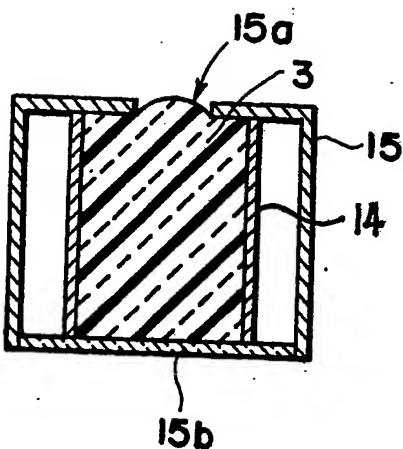


FIG. 8

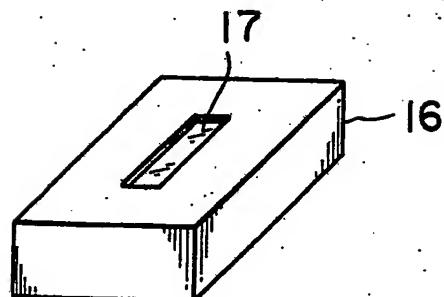


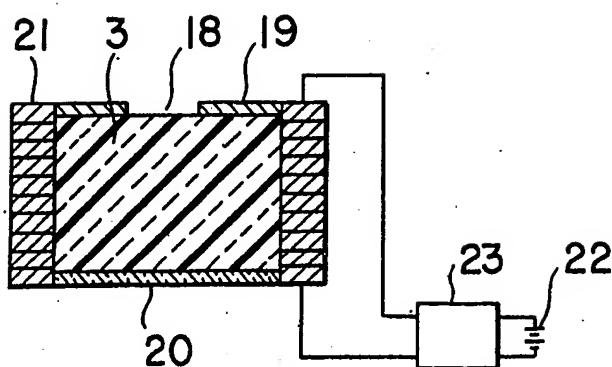
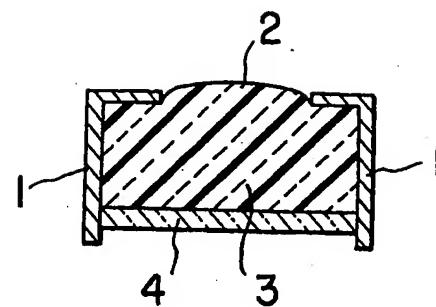
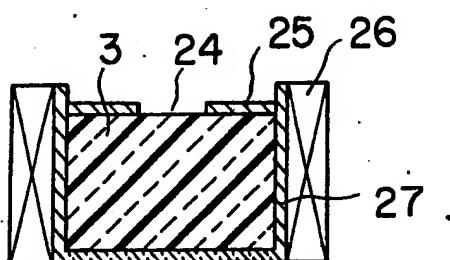
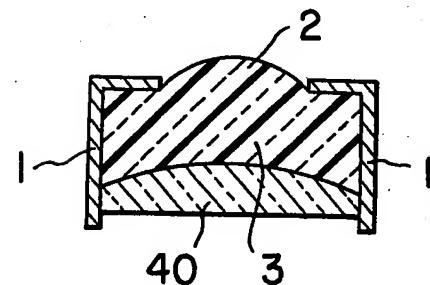
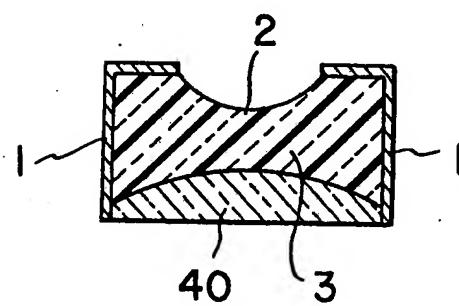
FIG. 9**FIG. 11****FIG. 10****FIG. 12****FIG. 13**

FIG. 14

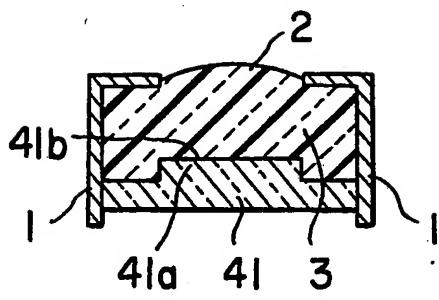


FIG. 17

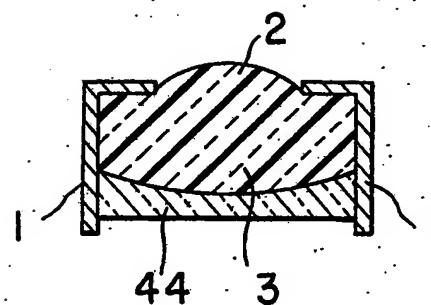


FIG. 15

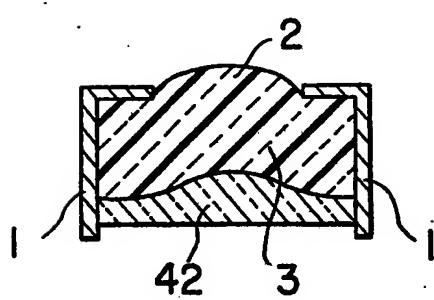


FIG. 18

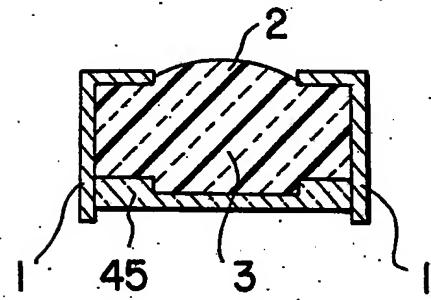


FIG. 16

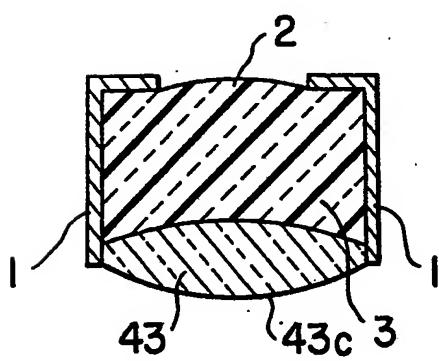


FIG. 19

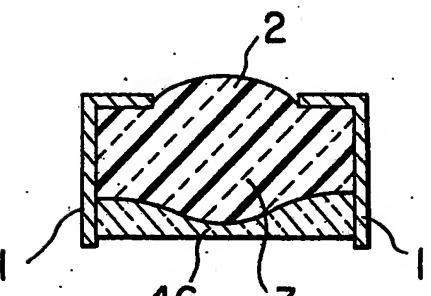


FIG. 20

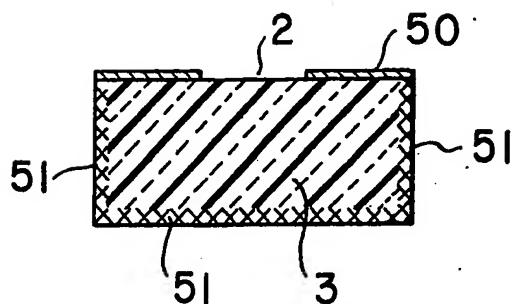


FIG. 21

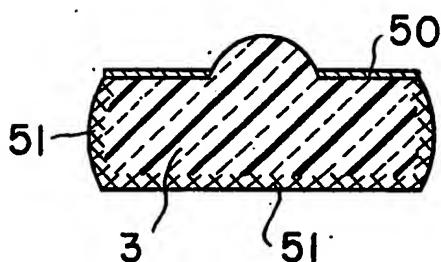


FIG. 22

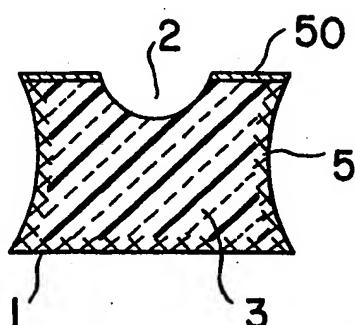


FIG. 23

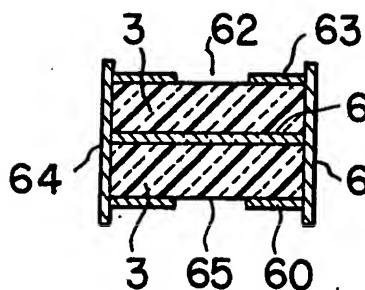


FIG. 24

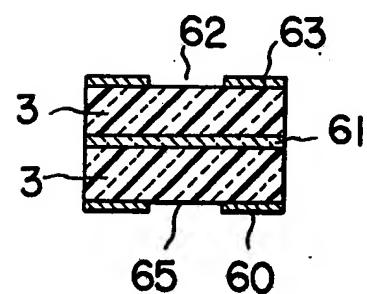


FIG. 25

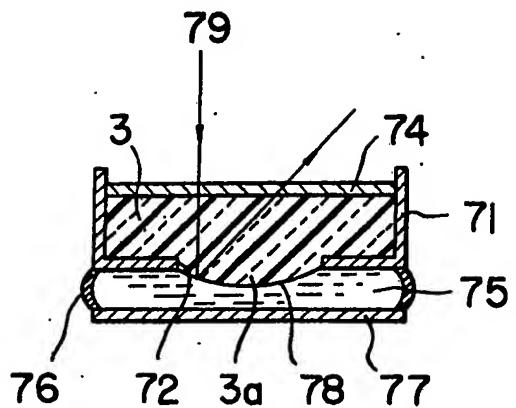


FIG. 26

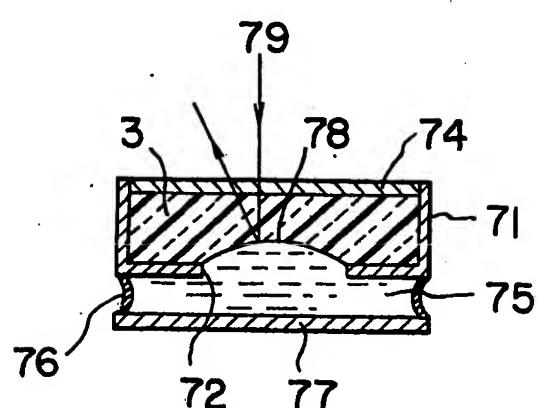


FIG. 27

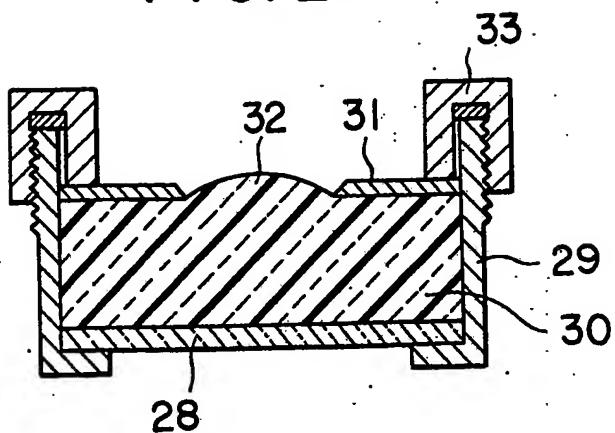


FIG. 28

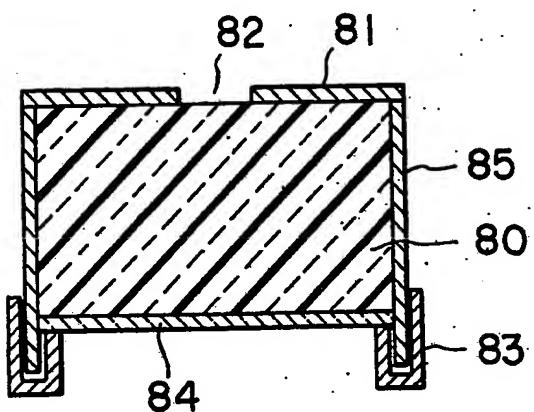


FIG. 29

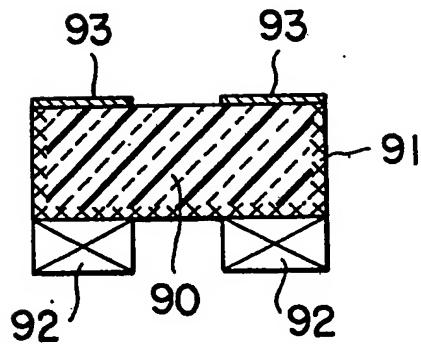


FIG. 30

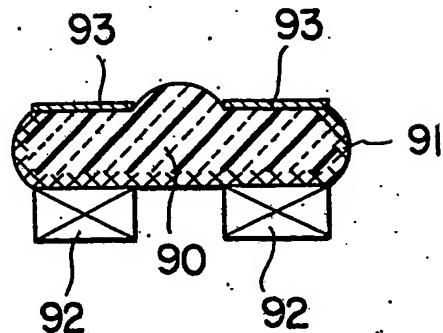


FIG. 31

